

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 生活與應用科學科

080819

水循環升降台

學校名稱：屏東縣枋寮鄉僑德國民小學

<p>作者：</p> <p>小六 張利屏</p> <p>小六 柯旻志</p> <p>小六 林佟儒</p> <p>小六 陳斑禹</p>	<p>指導老師：</p> <p>黃信禎</p> <p>王詩淵</p>
--	------------------------------------

關鍵詞： 水、升降台、水循環

摘要

本研究主要是利用巴斯卡原理以及河倫噴泉的設計來研發利用水循環方式來承載重物的升降平台，在不動用到額外動力的情形下，僅靠自然的物理現象來使之運作。故本研究特點在於節能並兼具實用價值的生活應用，而最後我們並依照類似的原理設計了一個自動循環的水族箱過濾器，不僅驗證原理的可行性，更能突顯本研究的對於生活應用的價值。

壹、研究動機

有一次在洗澡時，發現水龍頭噴出的水很強，洗澡的時候也有類似的感覺，突然聯想到三下有教過水的特性以及四下有教過水的浮力，因此突然有了一個念頭「能不能用水來承載物品？不同液體之間對物品的承載量差異如何？生活中能有哪些應用？」，這一連串的疑問，讓我很想去瞭解，於是有了這一次的實驗，希望能解決我的疑惑。並希望更進一步能依據本次的實驗設計出一個以液體為基礎的升降平台，將成果應用於生活之中。

貳、研究目的

- 一、探討不同孔徑的圓桶作用力關係為何？
- 二、探討不同高度對不同孔徑的圓桶作用力關係為何？
- 三、探討不同液體對不同孔徑的圓桶作用力關係為何？
- 四、依據實驗結果設計出能承載重量的升降平台。
- 五、此此原理對生活應用的可能性如何？

參、研究器材

一、設備及材料

- (一) 設備：購買直徑不同之圓柱體壓克力槽數個（5cm、10cm、20cm 各一）、壓克力活塞若干。透明壓克力箱 3 個。
- (二) 器材：透明橡皮管若干、3 分金屬接頭若干、3 分開關接頭若干、塑膠開關閥、自製器材支撐架。
- (三) 實驗用液體：水、酒精、鹽水。

肆、文獻探討

一、巴斯卡原理

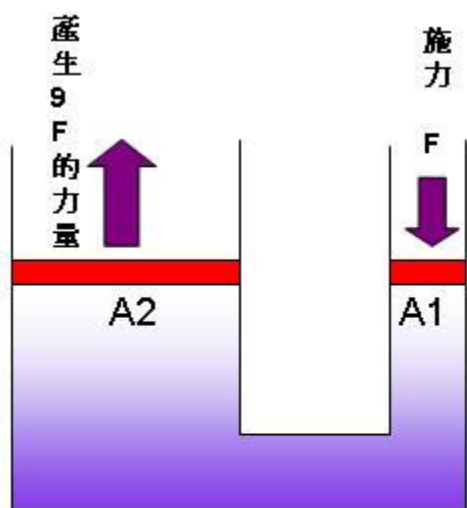
法國科學家、數學家巴斯卡(1623~1662)首先闡述巴斯卡原理，指密閉容器中的靜止液體某一部分發生的壓力變化，可以傳遞至液體各部分之容器壁，一般以如圖(一)之液壓系統來解釋巴斯卡原理：在系統中的一個活塞上施加一定的壓力，可在另一個活塞上產生相同的壓力差，當左活塞的面積是右活塞的 4 倍時，於右活塞施力

F，因兩個活塞上的壓力相等，所以將可在左活塞產生 $4F$ 的力，此液壓系統即具有「力的放大器」之功用。

我們在書上找到對於巴斯卡原理的定義：「對一充滿液體之密閉容器內的液體所施的壓力，必均勻的傳遞到液體中的任何一部份及器壁上，且其值不變這稱為巴斯卡原理。」這其實我們都看不懂，但是藉由老師的舉例，讓我們對它的應用感到相當驚訝，後來我們慢慢瞭解，原來在一個密閉的容器裡，靜止的水中，任何一點增強的改變，都會如實傳遞到水的其他點上，而且此壓力沒有方向的差異。利用這個原理，人們發明了水壓機，換輪胎用的千斤頂，用的也是巴斯卡原理。

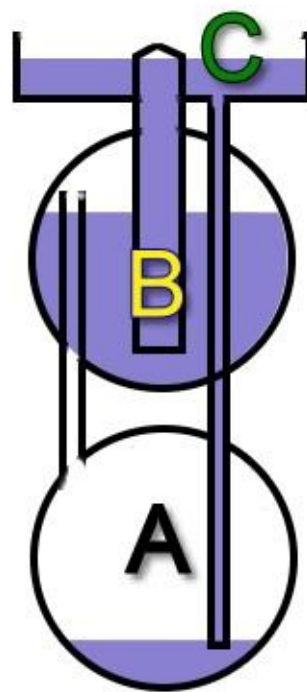
二、河倫噴泉原理

河倫是兩千多年前一位埃及的科學家所發明的，河倫噴泉是他的發明之一，其原理就是利用空氣與水的交互作用所造成的現象。他利用水壓迫空氣，空氣壓迫水的現象，製造一種可以持續噴出水柱的噴泉。如下圖中所示，當 C 中的水進入 A，將迫使 A 中的空氣往 B 去，當 B 壓力到達一定水準的時候，就會將水從 B 區送出，造成噴泉現象，而噴出的水在滴回 C，如此 C→B→A 的循環，直到 B 區的水空了或是 A 區的水滿了，噴泉現象也就停止了。本實驗將利用此概念進行部分裝置的架設。



若A2面積是A1面積的九倍
則在A1施1F的力量，將對A2
產生9F的力量

圖一、巴斯卡原理



圖二、河倫噴泉

伍、研究過程

本次實驗想藉由不同黏稠度的液體與容器孔徑大小的不同來找出承載量的差異，因此需要進行以下相關的實驗：

一、實驗設備的校正

爲了在往後的實驗中能使實驗的環境一致，必須針對塑膠圓桶以及活塞做一些相關的測試與處理。

- (一) 先將買來的透明塑膠圓桶鑽孔並接上連接管，連接管在接上透明的塑膠軟管，在將水倒進圓桶中，測試一下連接處是不是能密封，若不能密封在調整設備至不漏水爲止。



- (二) 在活塞上置放砝碼，看看是不是會滲水，最好的情況當然是能夠密封爲主，但是由於設備較爲克難，很難達成目的。再幾次的試驗後，我們決定在孔徑四周塗上一層凡士林，以填滿空隙以及增加滑動的順暢性，盡量減少可能的空隙發生，以減少相關設備所造成的實驗誤差。
- (三) 在空桶上放入活塞，並在上面放上砝碼，當砝碼的重量剛好達到移動活塞的程度時把這個值記錄下來（表一），這個重量就是剛好能推動活塞的最小重量，在往後的實驗中必須扣掉，因爲不同孔徑的活塞的最小移動值並不相同，若不這樣做，就會產生實驗數據上的問題，所以我們發現這個動作很重要。
- (四) 不同孔徑的活塞最小移動重量記錄如下

直徑	5 cm	10 cm	20 cm
最小移動重量(公克)	6	12	11

二、實驗一：測量作用面積與作用力的關係

- (一) 實驗流程：爲了找出不同孔徑面積跟作用力的關係，我們使用 5cm 和 20cm 的透明圓桶進行實驗，首先我們先將 5cm 和 20cm 的圓桶連接起來，然後在裡面注水直到高度到達 10cm，然後我們在 5cm 的活塞上放上 5、10、15、20、25 等重量的法碼，並依次測量在直徑 20cm 孔徑的活塞上需要放置多重的法碼，才能使兩邊的水的高度一樣高，並記錄將結果記錄下來。



(二) 實驗結果

次	面積(cm ²)		比值 (A ₂ /A ₁)	比值 (W ₂ /W ₁)
	A ₁ =6.25cm ²	A ₂ =100cm ²		
	重量(gw)			
	W ₁	W ₂		
1	5	82	1/16	約 1/16
2	10	163	1/16	約 1/16
3	15	245	1/16	約 1/16
4	20	322	1/16	約 1/16
5	25	403	1/16	約 1/16

(三) 討論

我們發現 W₁:W₂ 的比值跟 A₁: A₂ 的比值是差不多的，應該它們之間的確存在著是一樣的，只是由於實驗器材的誤差所以才發生數據上些微誤差的狀況，不過大致都能看得出來 W₁:W₂= A₁: A₂=1:16=1/16 的關係，也就是說能承載的作用力與圓桶的面積能將對應。所以若改用直徑 1cm 和 100cm 的圓桶來測試，其作用力將是 1:2500，也就是 2500 倍的力量，這的確是一項非常省力的裝置，但是我們也發現孔徑差越大，上升高度越低，但是作用力會越大，主要也是因為面積差，所以若孔徑差異太大，將會花費更多的時間來達到相同的高度。

三、實驗二：高度與承載力的關係

(一) 實驗流程：本實驗主要是想要瞭解，在不同高度時，承載力是否有差異，剛剛我們並沒有將任何一方的底抬高，我們想知道若將小面積的圓桶高度抬高，對另一個大面積的圓桶作用力如何，所以我們將小圓桶以每次抬高 2 公分的高度抬高，共分成 2、4、6、8、10 公分，並於小面積圓桶上放置 6.25 公克的法碼，之所以用 25 公克，是因為我們的總砝碼重量有限，若用太重，可能會因為砝碼不足而無法測量出正確的重量，而為了實驗的便利，我們使用了小面積 (A1) 的 4 倍，剛好是整數 25 公克，這樣放置砝碼比較容易進行。然後在大圓桶面積 (A2) 的活塞上放置法碼，直到高度達到我們設定的目標，並記錄。



(二) 實驗結果

$A_1=6.25\text{cm}^2$, $A_2=100\text{cm}^2$, $W_1=25$ 公克重，當高度為 h 時，求 $W_2=?$ 公克重

高度(cm) 面積比 (W_1/A_1)	2	4	6	8	10
1	308	507	708	906	1108
2	407	609	807	1009	1211
3	509	706	909	1108	1310
4	608	809	1008	1210	1409
5	707	910	1109	1308	1510

(三) 討論

經由本次實驗，我們根據所得到的數字來進行研究分析，我們發現這些數字似乎有一些相關，我們將值帶入到 Excell 中進行分析，我們發現「重量的增加，跟重量與表面積以及高度有相關」，經過我們整理，可能是實驗的誤差，所以數值似乎都有一點點小小的差異，我們把這些差異去除掉，就可以完全得出「 $W_1/A_1+h=W_2/A_2$ 」。

本次的實驗可以看出來「高度越高所能產生的作用力越大」，這個實驗也讓我們對於高度跟作用力的關係更加瞭解。過去我們都沒注意過這個問

題，原來高度對於作用力的影響這麼大，因此藉由這個實驗的結果更讓我們對於利用巴斯卡原理來設計升降台更有信心。

四、實驗三：不同液體對承載力的關係

(一) 實驗流程：

為了瞭解不同液體的承載力是否有差異，我們準備了三種不同的密度的液體來進行實驗，分別是酒精、水以及鹽水，其密度分別為 0.9、1、1.1。也是經由本次的實驗，我們才知道何謂密度，所以才能正確利用「重量除以體積」來調製鹽水密度。

1. 不同密度之液體

液體	酒精溶液	水	鹽水
密度	0.9	1.0	1.1

(二) 實驗結果：

1. 液體密度與高度的關係式：若密度改變時，但 W1 及 W2 不變，則高度差為多少

次	密度	高度 (cm)
1	0.9	11
2	1.0	10
3	1.1	9

2. 液體密度與 W2 的關係式：若密度改變時，要在 W2 上放置多少克重，才能使高度差為 10cm

次	密度	W2 (g)
1	0.9	1300
2	1.0	1400
3	1.1	1500

(三) 討論：

當我們興高采烈的要用剛剛發現的公式進行運算，卻發現數值對不起來，而本次實驗我們觀察到「在不同液體的表現下，高度似乎略有差異」，因此我們認為密度絕對佔有很重要的地位，在我們在既有的公式上進行推算，我們發現當我們將密度乘以高度加上去變成「 $W_1/A_1+hp=W_2/A_2$ 」，這樣就跟我們實驗的數據能夠搭得起來，這時我們才恍然大悟原來是這麼一回事。

因此我們對這次的結論如下：

(1) 在 A1 上放置 25gw 及在 A2 上放置 1400gw 時，因為 $W_1/A_1+hp=W_2/A_2$ ，如果液體為水($\rho=1$)時會得下式 $25/6.25+10; 1=1400/100$ ，則

A_1 的活塞高度- A_2 的活塞高度= 10cm。若密度為 1.1 時，則會變成 $25/6.25 + 10 \div 1.1 = 1500/100$ ，意思就是負重量可以增加 100 公克。

(2)如改變液體密度時，則 A_1 的活塞高度- A_2 的活塞高度也會產生變化。

從本次的實驗中，我們利用了不同密度的液體來進行實驗，我們發現密度越高的液體，所產生的作用力越大，因此我們認為液體的密度越高，重量越重，所以產生的作用力也就越大。

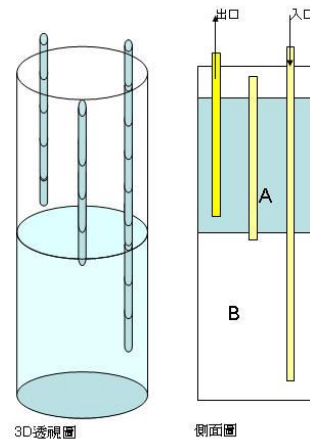
五、水循環裝置的製作

雖然升降平台的相關實驗已經做好，但是要另外設計一個裝置能將液體送回原來的液體流出來的地方，以達到升降的效果。在找了許多書之後，我們發現空氣的壓力有可能使我們的想法實現，於是我們先參考書上的儀器設計，然後根據我們想法的稍做修改，使之更符合我們實驗的要求，於是我們設計了如下圖的水循環裝置。

(一) 第一代水循環裝置



一代水循環裝置



第一代水循環裝置內部示意圖

此項裝置的意義在於當水從「入口」進入時，會壓迫 B 之中的空氣使之進入 A 區，並壓迫 A 區的水將水從「出口」導出，由於壓力的關係，使得 A 區的水必須流出因而到達上方水裝置的容器。其完整剖面圖如上圖所示：

這是我們第一代發展的水循環裝置，他是利用水電行買的水管製作而成，雖然成本較低，但缺點是看不到內部的狀況，因此對於內部的運作狀況，我們大多只能想像和根據實際的結果的推測。而且我們製作時，並沒有將兩支水管的交接處做好防水及密封的工作，所以實驗幾次之後，我們發現他會開始漏水欲漏氣，因此效果做起來也就比較差，水也送不回去。但是他的優點就是裝置一體化，不用拆開。而且後來我們也注意到，這個裝置上下的管徑一樣大，於是我們想若我們將兩管的孔徑變得不一樣，是不是效果會好一點，於是我們繼續動腦想下一代的水循環裝置。

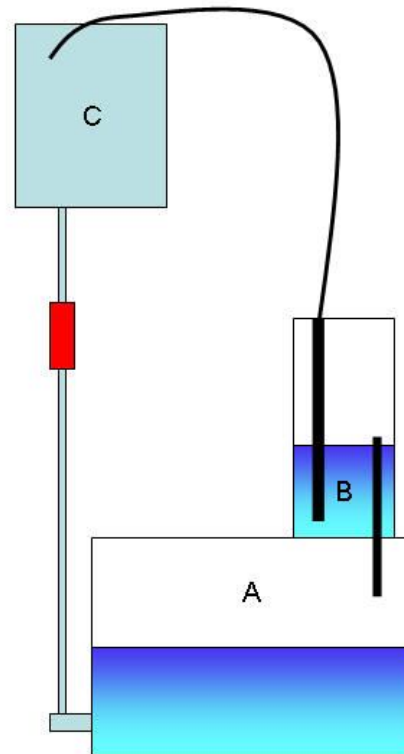
(二) 第二代水循環裝置

有了上一次的經驗，我們這次在製作上就比較小心，而且這次我們改用透明的壓克力箱，雖然成本較高，但是我們可以看到內部的運作情形，而且這次我們將上下的箱子

以下 (A) 大上 (B) 小的位置排列，我們這樣設計的想法是因為當進入的水量一致時，A 的空氣進入 B 後由於 B 的體積較小，所以應該會產生的壓力越大，水應能噴得越高才是。事實上我們在這裡也稍做的一些改變，由實體照片 (圖左) 可以看到 B 的部分在出口的部分，我們讓軟管在 B 裡跟 B 連到 C 的軟管大小又不一樣，B 裡用的 3 分的軟管，而 B 到 C 的軟管使用更小的 1 分軟管，我們發現這樣水能送得更遠，在實際的運作上，我們也發現水從 B 送到 C 的確綽綽有餘，而且這次我們新訂了一個木架來支撐，比起之前還要我們自己用東西墊的情況要好得很多，所以最後我們決定採用本次研發的裝置。



第二代水循環裝置



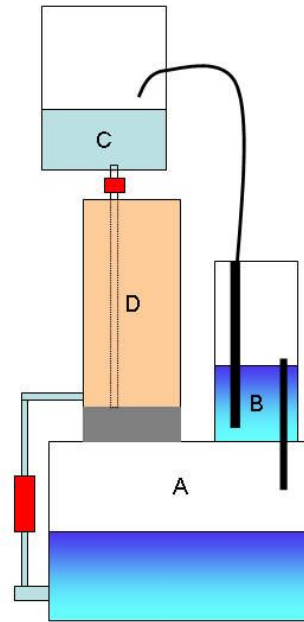
第二代水循環裝置示意圖

六、水循環升降台

從之前的實驗中，我們知道了水量一樣的時候，孔徑越大的承載器上升高度越小，孔徑越小的，則上升高度越高。因此在實際應用中，我們可以知道 水的體積 = 孔徑的表面積 x 上升的高度。因此我們就可以根據這樣來計算要用多大的孔徑的容器與水量來控制高度。而要控制水面下降的速度，就要控制下方水輸出的水管孔徑，孔徑越大，水流出的速度越快，下降速度越快。因此若在實際的應用上，也可以另外設計可分段控制上方水流量及下方水量的開關，如此便能控制上升或下降的速度。

我們將這個裝置設計如下圖，其中 A、B、C 就是上一節提出的水循環器模型，而 D 就是承載重物的承載座。藉由這個循環裝置的輔助，將可以達成水循環的效果，在沒有任何其他動力的輔助下，仍能藉由開關控制升降平台的升降。雖然我們設計出了這個裝置，但其實其實這個裝置有其限制，比如這個裝置必須經過精密的計算才可能實現循環的效果，而且回去的水量也比我們預期中的少很多，還有循環裝置僅能被使用一次，下次要再使用，必須將循環裝置顛倒讓下方的水進入上方的區域，此才能完成真正的循

環效果。但是若在此循環裝置下方設計一個加壓馬達，讓平台在完全降低之後，將水由下方（A）抽回上方（C）也能達成循環效果，但如此將會使用到外部動力，但應該也不會用到很多電力。總之若要達成自然現象的的循環似乎不太可能，必須藉由額外的人為的動力來達成目標。



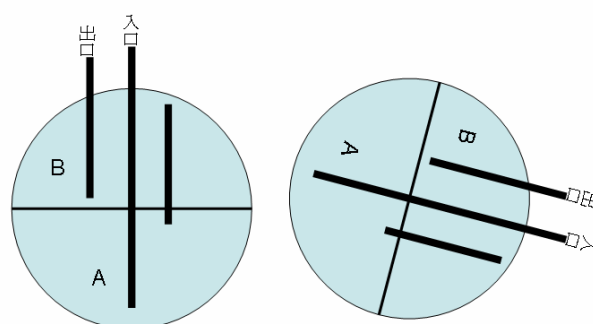
陸、 討論

- 一、由實驗一我們可以知道「當 A2 作用面積為 A1 作用面積的 X 倍，則 A2 作用力為 A1 作用力 X 倍」。
- 二、小作用力/小作用面積=大作用力/大作用面積
- 三、由實驗二我們可以知道，若使小作用面積的活塞比大作用面活塞相對高度高，則可以使用較小的力舉起較重的重物。在本次實驗中，以純水做為液體時，其密度（ ρ ）為 1，因此重量等於體積，我們發現其關係為成「 $W_1/A_1+hp=W_2/A_2$ 」，因此「高度差越大，所得到的作用力越大」。
- 四、由實驗三我們可以知道，若加上高度差，如使用密度小的液體，則會使高度差變大；但使用密度較大的液體，則可使高度變小。所以我們推論「越重的液體，所能產生的作用力越大」。
- 五、「水循環裝置」在經過適當的設計才能達到想要的結果，但必須是要透過適當的安排，才能有較好的效果。
- 六、「水循環升降台」使水循環裝置與帕斯卡原理的混合運用，其要求比純「水循環裝置」還要嚴格許多，除了必須考慮高度差，尚有許多細節需要調整，整體而言，需要非常精確的計算與安排，才能使這項裝置產生作用，其中，可能尚有我們無法理解的變項存在。

柒、應用

本次的研究讓我們對這項研究的擴展性產生更大的興趣，於是我們一起動腦看看否能應用在更多地方。除了本次的升降台之外，我們也想出了可利用相關原理設計「水循環過濾器」，以相同的原理將他們應用在水族箱的過濾器上，事實上若設計得宜，也可應用在其他類型的過濾器上。而且我們也用實驗來證明其可行性。其實這個裝置，只要把升降台的部分去掉，再加入一些濾網等過濾設備，就成爲一個名副其實的「水循環過濾器」了。

爲了克服只能使用一次的限制，我們將他設計成球型，我們買來市面上現在很流行的智慧球玩具，把裡面的東西拿出來，再自行加工將球以塑膠版隔開並依之前的河倫噴泉原理進行管線的布置，在花了好一番功夫之後，我原將原型給做出來，我們稱他爲「循環球」(圖)中的水空掉時，可以將球轉個 100 度(圖)，如此一來，水將從 A 流回 B，我們認爲這是一個權宜的變通方法，雖然還不是很完美，但至少已能克服部分的問題。



捌、結論

- 一、作用力面積與作用力成正比， $A1/W1=A2/W2$ 。這是一種省力但費時的裝置。
- 二、移動量與作用面積成反比。主要是由於圓桶體積的關係，面積差異越大的圓桶，上升的高度越小。
- 三、高度對作用力有加乘的作用，善用高度差，是完成本次成品的重要因素。
- 四、移動量與液體密度成反比。 $W1/A1 + h\rho = W2/A2$ 。其中，密度越大的承載力就越大。
- 五、河倫噴泉在本次的水循環裝置中得到成功的應用。但「水循環升降台」仍須仍須更多調整才能使他發揮較好的功能。至少在本次的設計中，仍須改進水循環回來的量以及使用一次的限制。
- 六、水循環裝置也能在生活中得到更多的應用，如本研究提出的「水循環過濾器」，但仍須更多的研究來使他成爲一項節能又有用的工具。

玖、心得

由這次的實驗，我們發現了一些很有趣的現象，而且也讓我們從各項實驗的操作中獲得許多的樂趣，當成功時的喜悅仍讓我們興奮不已，而這個實驗結合了許多方面的知識如液體與空氣的特性、密度、壓力、巴斯卡原理、河倫噴泉，有許多知識我們都前所未聞。這次的實驗更結合了自然科與數學科的領域，常常讓我們這一群人搞得頭昏眼花，不過解出問題後，那種興奮是很難形容的。古人說得好「辛苦耕種，必將含淚收割」。

其實在整個實驗的過程中，發現要達到理想的狀況真的很困難，如何避免液體因負載過重溢出承載座，又要使承載座能順利在水桶中順利升降。其實過程中我們想了一些方法來克服，但都不盡理想，雖然經過多次的修正但是整個系統與理想值仍有很大差距。終於讓我們明瞭要發明一件是要經過很多的實驗測試以及各項零件局部的調整，才有機會完成。雖然本次的實驗結果未能滿意，成品也不夠完美，但是歷經這一次的過程，讓我們得到更多於實驗本身的東西，比如實驗構思的周詳、理論的基礎、實驗儀器的控制、流程等等，這比任何一堂自然課更讓我們受用。

參考書目

陳淑英、趙玉瓶、李麗娜、劉盼盼（民 79）。神奇的科學實驗。台北市：將門文物。
林瑞文。動手又動口的巴斯卡原理實驗。取自

140.122.147.172/sec-dg03/Monthly/94(276-285)/278-pdf/278-04 動手又動口.pdf

【評語】 080819

1. 本作品利用巴斯卡原理裝設實用升降平台，構思新鮮，若能成功完作，將是很好的教具材料。
2. 本作品參展時並無實體展示，說明書之中對於升降台的活動並無實作記錄可供觀評，對於水與空氣之可壓縮性亦無詳細考量。在無外力或外壓作用下，系統的運作是否將如預期運作，或就學理推導或實作進一步印證。